

PCT

WELTORGANISATION FÜR GEISTIGES EIGENTUM
Internationales Büro



INTERNATIONALE ANMELDUNG VERÖFFENTLICHT NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE
INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT)

(51) Internationale Patentklassifikation 6 : G06F 1/00, G07C 9/00	A2	(11) Internationale Veröffentlichungsnummer: WO 98/06020 (43) Internationales Veröffentlichungsdatum: 12. Februar 1998 (12.02.98)
(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP97/04221		(81) Bestimmungsstaaten: AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, CA, CH, CN, CU, CZ, DK, EE, ES, FI, GB, GE, GH, HU, IL, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MD, MG, MK, MN, MW, MX, NO, NZ, PL, PT, RO, RU, SD, SE, SG, SI, SK, SL, TJ, TM, TR, TT, UA, UG, US, UZ, VN, YU, ZW, ARIPO Patent (GH, KE, LS, MW, SD, SZ, UG, ZW), eurasisches Patent (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches Patent (AT, BE, CH, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE), OAPI Patent (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, ML, MR, NE, SN, TD, TG).
(22) Internationales Anmeldedatum: 2. August 1997 (02.08.97)		
(30) Prioritätsdaten: 196 31 484.4 3. August 1996 (03.08.96) DE		
(71)(72) Anmelder und Erfinder: BARTMANN, Dieter [DE/DE]; Taufkirchner Strasse 16, D-85435 Erding (DE).		
(74) Anwalt: SEGETH, Wolfgang; Louis, Pöhlau, Lohrentz & Segeth, Postfach 30 55, D-90014 Nürnberg (DE).		Veröffentlicht <i>Ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu veröffentlichen nach Erhalt des Berichts.</i>
(54) Title: METHOD FOR VERIFYING THE IDENTITY OF A USER OF A DATA PROCESSING UNIT WITH A KEYBOARD DESIGNED TO PRODUCE ALPHANUMERIC CHARACTERS		
(54) Bezeichnung: VERFAHREN ZUR VERIFIZIERUNG DER IDENTITÄT EINES BENUTZERS EINER MIT EINER TASTATUR ZUR ERZEUGUNG ALPHANUMERISCHER ZEICHEN ZU BEDIENENDEN DATENVERARBEITUNGSANLAGE		
(57) Abstract		A proposed method for verifying the identity of a user of a data processing unit with a keyboard designed to produce alphanumeric characters and involving at least one of the identification parameters derived from a model of actual observation of the typing behaviour of a user compared with a reference model parameter contained in a computer and determined from a sequence of events such as the striking or release of a key.
(57) Zusammenfassung		Vorgeschlagen wird ein Verfahren zur Verifizierung der Identität eines Benutzers einer mit einer Tastatur zur Erzeugung alphanumerischer Zeichen zu bedienenden Datenverarbeitungsanlage, bei dem aus dem Muster von aktuellen Beobachtungen an der Tastatur mindestens eine auf das Tippverhalten des Benutzers hinweisende Kenngröße abgeleitet und diese Kenngröße mit der Kenngröße verglichen wird, die aus einem in der Datenverarbeitungsanlage abgelegten Referenzmuster abgeleitet ist, wobei die Kenngröße aus der Abfolge der Ereignisse, Drücken oder Loslassen einer Taste, ermittelt wird.

LEDIGLICH ZUR INFORMATION

Codes zur Identifizierung von PCT-Vertragsstaaten auf den Kopfbögen der Schriften, die internationale Anmeldungen gemäss dem PCT veröffentlichen.

AL	Albanien	ES	Spanien	LS	Lesotho	SI	Slowenien
AM	Armenien	FI	Finnland	LT	Litauen	SK	Slowakei
AT	Österreich	FR	Frankreich	LU	Luxemburg	SN	Senegal
AU	Australien	GA	Gabun	LV	Lettland	SZ	Swasiland
AZ	Aserbaidschan	GB	Vereinigtes Königreich	MC	Monaco	TD	Tschad
BA	Bosnien-Herzegowina	GE	Georgien	MD	Republik Moldau	TG	Togo
BB	Barbados	GH	Ghana	MG	Madagaskar	TJ	Tadschikistan
BE	Belgien	GN	Guinea	MK	Die ehemalige jugoslawische Republik Mazedonien	TM	Turkmenistan
BF	Burkina Faso	GR	Griechenland	ML	Mali	TR	Türkei
BG	Bulgarien	HU	Ungarn	MN	Mongolei	TT	Trinidad und Tobago
BJ	Benin	IE	Irland	MR	Mauretanien	UA	Ukraine
BR	Brasilien	IL	Israel	MW	Malawi	UG	Uganda
BY	Belarus	IS	Island	MX	Mexiko	US	Vereinigte Staaten von Amerika
CA	Kanada	IT	Italien	NE	Niger	UZ	Usbekistan
CF	Zentralafrikanische Republik	JP	Japan	NL	Niederlande	VN	Vietnam
CG	Kongo	KE	Kenia	NO	Norwegen	YU	Jugoslawien
CH	Schweiz	KG	Kirgisistan	NZ	Neuseeland	ZW	Zimbabwe
CI	Côte d'Ivoire	KP	Demokratische Volksrepublik Korea	PL	Polen		
CM	Kamerun	KR	Republik Korea	PT	Portugal		
CN	China	KZ	Kasachstan	RO	Rumänien		
CU	Kuba	LC	St. Lucia	RU	Russische Föderation		
CZ	Tschechische Republik	LI	Liechtenstein	SD	Sudan		
DE	Deutschland	LK	Sri Lanka	SE	Schweden		
DK	Dänemark	LR	Liberia	SG	Singapur		
EE	Estland						

5 Verfahren zur Verifizierung der Identität eines Benutzers
einer mit einer Tastatur zur Erzeugung alphanumerischer
Zeichen zu bedienenden Datenverarbeitungsanlage

10 Problembeschreibung

10 Ein unbefugter Zugriff auf Daten, die in einem Rechner abgelegt sind, die unerlaubte Nutzung von Computerprogrammen, eine unsichere oder fehlende Identitätsprüfung beim Zugang zu Online Services oder bei
15 Interactive TV, die mißbräuchliche Verwendung von magnetstreifen- bzw. chipbehafteten Bankkarten sowie das Fehlen einer nachweisbaren Zuordnung eines am Computer erstellten Datenobjektes zum Ersteller, können zu großen wirtschaftlichen und gesellschaftlichen Schäden führen.
20 Dasselbe gilt für den Zutritt zu geschützten Bereichen in Gebäuden. Die Benutzeridentifikation am Computer ist deshalb sehr wichtig.

25 Sie geschieht in den weitaus meisten Fällen dadurch, daß der Benutzer ein vereinbartes Codewort (Paßwort, persönliche Identifikationsnummer, Benutzernummer etc.) angeben muß. Dieses Codewort wird von mir im folgenden stets Paßwort genannt. Stimmt dieses Wort, wird der Benutzer vom System als derjenige identifiziert, für den er sich ausgibt. Der damit erzielbare Schutz steht und fällt mit der Geheimhaltung bzw. Nicht-Erratbarkeit des Paßwortes.

35 Damit ein Paßwort nicht leicht erraten werden kann, muß es einigermaßen kompliziert sein und häufig gewechselt werden.

Dies stößt jedoch auf Widerwillen beim Benutzer, denn er sollte es auswendig wissen, oder, falls er es doch aufgezeichnet hat, diese Aufzeichnung einerseits schnell zugänglich und andererseits für jede andere Person 5 unzugänglich aufbewahren.

Hier mangelt es am Arbeitsplatz oft an der nötigen Sorgfalt. Die praktische Erfahrung zeigt, daß sich eine hundertprozentige Geheimhaltung des Paßwortes nicht durchsetzen läßt. Dies gilt ebenso im privaten Bereich.

10 Eine 1995 durchgeföhrte Umfrage des Emnid-Instituts hat ergeben, daß in über zehn Prozent aller deutschen Haushalte die zur Magnetstreifen- bzw. Chipkarte gehörige PIN (persönliche Identifizierungsnummer) mehr als einem Familienmitglied bekannt ist.

15 Das Paßwort wirkt darüber hinaus höchstens während des Zeitraum seiner Eingabe benutzeridentifizierend. Anschließend kann der Benutzer wechseln, ohne daß dies vom Computersystem bemerkt wird. Es ist auch möglich, den 20 Benutzer zu einer unfreiwilligen Freigabe des Paßwortes zu bewegen.

Insgesamt genügt der Paßwortschutz wegen seiner mangelnden Praktikabilität, wegen der ungenügenden 25 Geheimhaltung und wegen der nur auf einen Zeitpunkt bezogenen Überprüfung den Sicherheitsbedürfnissen nur unzureichend.

Modernere Benutzeridentifikationssysteme arbeiten mit 30 signifikanten biometrischen Merkmalen, z.B. dem Fingerabdruck, dem Augenhintergrund oder der Stimme. Sie besitzen aber ebenfalls spezifische Nachteile, so daß sie nur in Nischen zu Anwendung kommen.

Aufgabe

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Personenidentifizierungssystem zu entwickeln, welches gegenüber den bekannten Systemen folgende Vorteile besitzt:

5 Es soll

- * der Person selbst unbekannt und deshalb nicht so anfällig gegenüber Geheimhaltungsverlust sein wie der Paßwortschutz

10 * nur mit extrem großem Aufwand nachahmbar sein

- * eine permanente Benutzeridentifizierung ermöglichen
- * einen hohen Grad an Identifikationssicherheit gewährleisten (hohe personelle Signifikanz)

15 Stand der Technik

In diesem Kapitel wird lediglich informell erläutert, wie der derzeitige Stand der Technik ist und welche neuen Ideen dem hier vorgestellten System zu Grunde liegen. Eine genauere Betrachtung der Unterschiede findet sich in dem Kapitel "Exaktere Beschreibung der Unterschiede zum Stand der Technik" weiter unten.

Methode der Schreibdynamik

25 Aus der Vergangenheit sind bereits mehrere Systeme bekannt, die ebenfalls einen Tastaturbenutzer anhand seines Tippverhaltens identifizieren. Die den hier vorgestellten Ansätzen am nächsten liegende Methode stammt von S. J. Shepherd aus dem Jahr 1995 (in "European Convention on Security and Detection; Conf. Publ. No. 408; London: Inst. of Electrical Engineers; 1995; Seiten 111-114). Diese basiert auf der Schreibdynamik und dem Tastendruck. Erstere teilt sich dabei auf in die einzelnen Aspekte Übergangs-

und Anschlagdauer der einzelnen Tasten, sowie Tipprate und Fehlerfrequenz.

Nachteile

5

An der Technischen Universität München wurde ein Programm entwickelt, das nach der oben genannten Methode arbeitet (Bartmann, Dieter: "Identifikation eines Tastaturbenutzers durch Analyse des Tippverhaltens". Diplomarbeit, Institut für Informatik der TU München, 1995). Ausführliche Tests haben gezeigt, daß diese Methode nicht genügend trennscharf ist. Die beiden Fehlerraten "False Rejection" und "False Acceptance" sind für eine praktische Anwendung zu groß. Dabei wurden im Programm wesentlich bessere statistische Verfahren herangezogen, als in der oben angeführten Schrift vorgeschlagen sind.

Hauptgründe für das schlechte Abschneiden:

1. Die Schreibdynamik einer Person schwankt stark. Sie hängt von der Tagesform und weiteren exogenen Einflüssen ab. Das Programm muß diese Schwankungen tolerieren, um die False Rejection Rate unterhalb eines akzeptablen Wertes zu halten. Dadurch verliert die Methode wesentlich an Trennschärfe.
2. Handelsübliche Tastaturen besitzen ein sehr grobes zeitliches Auflösungsvermögen. Deshalb sind die gemessenen Übergangszeiten so stark gerundet, daß wesentliche Information verloren geht. Das zeitliche Auflösungsvermögen liegt bei schnell schreibenden Personen in der Größenordnung der Standardabweichung der Verteilung der Übergangszeiten.

Aufgabe angesichts dieses Standes der Technik

Neben der Schreibdynamik sind noch zusätzliche personentypische Merkmale zu finden, die über die Zeit 5 hinweg wesentlich stabiler bleiben.

Idee

Es sind zur Benutzeridentifizierung zeitunabhängige 10 Merkmale heranzuziehen. Dies hat den Vorteil, daß das Problem der mangelnden Zeitauflösung der Tastatur nicht mehr auftritt.

Als zeitunabhängige Merkmale werden herangezogen:

- * Die Tendenz des Benutzers, sich zu verhaspeln. Dies drückt sich unter anderem dadurch aus, daß der zweite Anschlag erfolgt, noch bevor der erste beendet ist (sog. Verschränkung oder Überholungen, siehe unten). Dabei handelt es sich nicht um Schreibfehler und ist auf dem Bildschrim auch nicht erkennbar. Es hat sich 20 gezeigt, daß dieses Verhalten sehr grundlegend ist.
- * Das Auswahlverhalten, falls mehrere Tasten zur Verfügung stehen (in erstere Linie Gebrauch der Shifttasten). Dieses Verhalten ist entscheidend dadurch geprägt, auf welche Weise eine Person das Schreiben auf 25 der Tastatur gelernt hat und in welcher Handstellung sie schreibt (z.B. Auflage der Handballen auf dem Tisch). Auch dieses Merkmal ist äußerst konstant.
- * Daneben gibt es noch weitere zeitunabhängige Merkmale, wie z.B. die Häufigkeit von Buchstabendrehern u.s.w. 30 (siehe unten).

Ein Test mit echten Daten hat gezeigt, daß unter geschickter Heranziehung dieser personentypischen Merkmale die False Acceptance Rate weit unter ein Promille gedrückt

werden kann. Dabei wurden über 100.000 Angriffsversuche durchgeführt.

Aus den angeführten Gründen geht der hier erhobene Anspruch
5 weit über den Stand der Technik hinaus.

LÖSUNG

10 Anwendungsgebiet

Die grundlegende Idee besteht darin, daß zum einen jeder Mensch eine ihm eigene, ihn charakterisierende Art zu tippen hat, und zum anderen dieses Tippverhalten durch eine 15 technische Vorrichtung meßbar und analysierbar ist. Neben der Analyse des Tippverhaltens kann außerdem noch die Analyse des Umgangs mit der Maus oder anderer Zeigergeräte zur Identifizierung einer Person herangezogen werden. Die gesamte Methodik der Messung und Analyse kann dabei 20 größtenteils übertragen werden. Da das Tippverhalten sicherlich am meisten personenidentifizierende Informationen enthält, ist die weitere Beschreibung hauptsächlich darauf ausgerichtet.

25 Für ein Verfahren, das die obige Idee in geeigneter Weise umsetzt, sind etliche Anwendungsmöglichkeiten denkbar:

- * Identitätsprüfung, z.B. bei der Zutritts-/Zugriffskontrolle
- 30 Will eine Person in geschützte Bereiche eintreten oder auf geschützte Systeme zugreifen, so muß sie sich in der Regel bei dem Überwachungssystem unter einer ihr (der Person) zugeordneten Kennung anmelden. Anschließend muß sie sich anhand eines bestimmten

Merkmales identifizieren, d.h. sie muß das System davon überzeugen, daß sie tatsächlich die zu der angegebenen Kennung gehörige Person ist. Derzeit übliche Verfahren hierzu sind die Eingabe von Paßwörtern bzw. PINs, die Analyse des Fingerabdrucks, des Augenhintergrunds, der Stimme, des Gesichts sowie die Überprüfung von mit der Person verbundenen Gegenständen (Chipkarte/Magnetkarte/Schlüssel/...). Die hier vorgestellte Identifizierung durch Analyse des Tippverhaltens einer Person könnte die bisherigen Verfahren ergänzen bzw. ersetzen.

- * Authentifizierung eines elektronisch erstellten Dokuments
- 15 Erstellt jemand unter Zuhilfenahme einer Tastatur ein Dokument, so kann während des gesamten Erstellungsvorgangs das Tippverhalten dieser Person mit aufgezeichnet werden. Werden diese gesamten Meßdaten untrennbar und unverfälschbar zusammen mit dem Dokument abgespeichert, so ist dadurch die Identität des Schreibers direkt mit diesem verbunden. Es kann somit jederzeit überprüft werden, von wem ein derartiges Dokument tatsächlich stammt.
- 25 * laufende Überprüfung der Identität eines Tastaturbenutzers
- 30 Bei vielen Systemen fallen während der Arbeit mit ihnen immer wieder Tastatureingaben an. So müssen beispielsweise bei herkömmlichen Computern die Befehle, der Text etc. zumindest teilweise über die Tastatur eingegeben werden. In solch einem Fall kann das Tippverhalten laufend analysiert und somit die Identität des Benutzers laufend überprüft werden. Dadurch könnten unberechtigte Zugriffe einer anderen

Person während der Abwesenheit der aktuell im System angemeldeten Person erkannt und verhindert werden.

- 5 * Identifizierung einer unauthorisiert handelnden Person
Versucht eine Person sich unberechtigterweise unter der Kennung einer anderen Person bei einem System anzumelden, so kann das System (falls es den Angriff erkennt) versuchen, durch Analyse des Tippverhaltens des Angreifers dessen wahre Identität herauszufinden.

10

* ...

Der hier und auch im folgenden immer wieder erwähnte Begriff "Tastatur" bezieht sich nicht nur auf gewöhnliche 15 Computertastaturen. Vielmehr sei damit ganz allgemein ein Gerät bezeichnet, mit dessen Hilfe eine Person durch Drücken einer oder mehrerer Tasten oder durch Berühren eines oder mehrerer Tastenfelder Eingaben tätigt.

20

Einführendes Beispiel

Im weiteren soll die Methodik der Messung und der Analyse des Tippverhaltens näher erläutert werden. Dies soll anhand des folgenden Anwendungsbeispiels erfolgen. Die gesamte 25 Vorgehensweise kann dann leicht auf alle möglichen anderen Anwendungen und zugrundeliegenden Systeme übertragen werden.

30

Beispiel
Ein Computersystem wird von mehreren Personen benutzt, die Eingaben in das System erfolgen zumindest u.a. über eine Tastatur. Bevor man mit dem System arbeiten kann, muß man sich bei ihm unter einer Kennung anmelden. Jeder Person ist

genau eine Kennung zugeordnet, mit der auch die jeweiligen Rechte des Benutzers verbunden sind. Nach der Eingabe der Kennung muß sich der Benutzer dem System gegenüber identifizieren. Dies soll mit Hilfe des personentypischen 5 Merkmals "Tippverhalten" erfolgen.

Lernvorgang

Damit das System die einzelnen Benutzer auf diese Art 10 überhaupt identifizieren kann, muß ihm zunächst einmal bekannt gemacht werden, wie die verschiedenen Personen tippen. Dies geschieht in einer sogenannten Lernphase, die in unserem Beispiel wie folgt ablaufen soll:
Eine vom System bereits identifizierte Person, die die 15 entsprechenden Berechtigungen besitzt, weist das System an, das Tippverhalten eines bestimmten Benutzers X zu lernen. Dazu muß dieser Benutzer X einen vom System auf dem Bildschirm ausgegebenen längeren Text (in der Regel mehrere Absätze lang) abtippen. Das System führt dabei geeignete 20 Messungen durch und wertet schließlich die gemachten Beobachtungen in der weiter unten beschriebenen Weise aus. So erhält es ein für X typisches Referenzmuster. Mit dessen Hilfe kann in zukünftigen Identifizierungsvorgängen dieser Benutzer immer wieder an seinem Tippverhalten vom System 25 erkannt werden. Das Referenzmuster wird vom System in Verbindung mit der Kennung der Person X dauerhaft abgespeichert. Nach Abschluß der Lernvorgänge für alle Benutzer liegt somit dem System zu jeder Kennung genau ein Referenzmuster, und zwar das des zugehörigen Benutzers, 30 vor.

Identifizierung

Bei jeder Anmeldung am System muß sich ein Benutzer Y - wie

oben bereits erwähnt - dem System gegenüber identifizieren. Dies soll in dem hier dargelegten Beispiel wie folgt vor sich gehen:

- 5 Nachdem der Benutzer Y die Kennung eingegeben hat, unter
der er sich beim System anmelden will, wird er dazu
aufgefordert, einen kurzen, auf dem Bildschirm angezeigten
Text (in der Regel wenige Zeilen lang) abzutippen. Dabei
führt das System wieder entsprechende Messungen durch. Die
10 so gewonnenen Beobachtungen vergleicht es dann mit dem zu
der angegebenen Kennung gehörigen Referenzmuster M und
trifft auf der Basis dieses Vergleichs eine der beiden
möglichen Entscheidungen: Liegt eine deutliche
Übereinstimmung zwischen dem gerade beobachteten
15 Tippverhalten von Y und dem im Referenzmuster M
niedergelegten Verhalten vor, so wird Y vom System als die
zur angegebenen Kennung gehörige Person identifiziert.
Andernfalls bricht das System den Anmeldevorgang ab.

20 Verallgemeinerungen

Das hier angeführte Beispiel stellt nur eine sehr einfache von vielen denkbaren Möglichkeiten dar, die zugrundeliegende Idee "Identifizierung einer Person anhand ihres Tippverhaltens" in einem System umzusetzen.
25 Insbesondere können der Lernvorgang und die Identifizierung in vielerlei Hinsicht abgewandelt werden. So sind z.B. die folgenden Veränderungen denkbar:

- 30 * kein oder nur teilweise vorgegebener Text; der Rest muß als Freitext vom Benutzer eingetippt werden
* Aufteilung des Lernvorgangs auf mehrere "Sitzungen"
* laufende Messungen bei allen Tastatureingaben und damit

verbunden laufende Überprüfung der Identität eines Benutzers

- * Einführung unterschiedlicher Sicherheitsstufen (gleich nach der Anmeldung dürfen nur unkritische Aktionen vorgenommen werden, der Zugriff auf sensitivere Befehle und Daten wird erst dann gestattet, wenn der Benutzer anhand der laufenden Eingaben auf einem sehr hohen Sicherheitsniveau identifiziert werden konnte)
- * ...

10

Grundlagen

Definitionen

15 In diesem Abschnitt sollen einige für das Weitere wichtige Begriffe definiert werden.

Lerntext

20 Dies ist der von einem Benutzer während des Lernvorgangs eingegebene Text. In dem hier verwendeten Beispiel ist dieser Text gesamt vom System vorgegeben.

Testtext

25 Dies ist der von einem Benutzer während eines Identifizierungsvorgangs eingegebene Text. In dem hier verwendeten Beispiel ist dieser Text gesamt vom System vorgegeben. Er kann für verschiedene
30 Identifizierungsvorgänge unterschiedlich sein.

Anmelder

Mit Anmelder wird diejenige Person bezeichnet, die sich bei dem System anmeldet. Insbesondere werden die im Verlauf der 5 zugehörigen Identifizierung auftretenden Tastenanschläge alle vom Anmelder vorgenommen.

Behaupteter

- 10 Jedem Benutzer des Systems ist genau eine Kennung zugeordnet. Meldet sich eine Person beim System an, so muß sie dazu eine Kennung eingeben. Sie behauptet dadurch dem System gegenüber, die mit dieser Kennung verbundene Person zu sein.
- 15 Mit Behaupteter wird im folgenden immer diejenige Person bezeichnet, die zu der bei einem Anmeldevorgang eingegebenen Kennung gehört. Diese muß nicht zwingen mit derjenigen Person identisch sein, die die Kennung eingegeben hat.

20

Berechtigter

- Stimmen bei einem Anmeldevorgang Anmelder und Behaupteter überein, so wird der entsprechende Benutzer auch als 25 Berechtigter bezeichnet. Er hat sich also unter seiner eigenen Kennung angemeldet.

Unberechtigter

- 30 Stimmen bei einem Anmeldevorgang Anmelder und Behaupteter nicht überein, so wird der Anmelder auch als Unberechtigter bezeichnet. Er hat sich also unter einer fremden Kennung angemeldet.

Gemessene Daten

Dieser Abschnitt erläutert die während des Lernvorgangs und während der Identifizierung vorgenommenen Messungen anhand 5 der beispielhaften Eingabe des Wortes "Hund".

Die Eingabe von "Hund" kann durch die folgenden Aktionen geschehen (es sind auch andere Möglichkeiten denkbar):

1. Drücken der Taste "linkes_Shift"
2. Drücken der Taste "h"
- 10 3. Loslassen der Taste "h"
4. Loslassen der Taste "linkes_Shift"
5. Drücken der Taste "u"
6. Loslassen der Taste "u"
7. Drücken der Taste "n"
- 15 8. Loslassen der Taste "n"
9. Drücken der Taste "d"
10. Loslassen der Taste "d"

Um die weiteren Erläuterungen übersichtlicher gestalten zu können, wird die folgende symbolische Schreibweise 20 eingeführt: Das Drücken einer Taste wird durch Taste↓, das Loslassen einer Taste durch Taste↑ dargestellt. Die oben angeführten zehn Ereignisse lassen sich damit kurz wie folgt schreiben:

25 linkes_Shift↓ h↓ h↑ linkes_Shift↑ u↓ u↑ n↓ n↑
d↓ d↑

Obige Eingabe des Wortes "Hund" ist durch die zeitliche Abfolge dieser zehn Elementarereignisse charakterisiert. Als Elementarereignis soll im folgenden immer das Drücken 30 oder das Loslassen einer beliebigen Taste verstanden werden. Für die Analyse des Tippverhaltens einer Person genügt es, die zeitliche Abfolge der von ihr hervorgerufenen Elementarereignisse zu erfassen. Das bedeutet, daß zu jedem Elementarereignis der Zeitpunkt

dessen Auftretens gemessen werden muß.

Die gesamte Information läßt sich somit durch die folgenden drei Meßgrößen erfassen:

- 5 1. Ereignisart: { ↓, ↑ } als Wertebereich
 Die Ereignisart zeigt an, ob eine Taste gedrückt oder losgelassen wurde
- 10 2. Taste: { a, b, c, ..., linkes_Shift, rechtes_Shift, ... } als Wertebereich (z.B. 102 verschiedene Tastenbezeichnungen)
 Die Meßgröße Taste zeigt an, welche Taste gedrückt bzw. losgelassen wurde
- 15 3. Zeitpunkt: positive reelle Zahlen als Wertebereich
 Der Zeitpunkt gibt an, zu welchem Zeitpunkt die Taste gedrückt bzw. losgelassen wurde

Jedes Elementarereignis führt zu einer eigenen Beobachtung (einer Messung dieser drei Meßgrößen). Die gesamte Menge aller Beobachtungen, die während des Tippens eines gewissen Textes (z.B. des Lern- oder des Testtextes) gemacht werden, bilden das sogenannte Beobachtungsfeld dieses Tippvorgangs. In unserem Beispiel könnte dies etwa wie folgt aussehen:

Ereignisart	↓	↓	↑	↑	↓	↑	↓	↑	↓	↑
Taste	linkes_Shift	b	b	linkes_Shift	u	u	n	n	d	d
Zeitpunkt	0,000	0,024	0,257	0,301	0,388	0,522	0,621	0,698	0,984	1,131

30 Alle weiteren Berechnungen und Analysen werden auf der Basis derartiger Beobachtungsfelder durchgeführt.

Erweiterung

Zusätzlich zu den hier angegebenen Meßgrößen kann gegebenenfalls noch der Anschlagdruck bei der Betätigung der einzelnen Tasten mit berücksichtigt werden. Aus den einzelnen Kurven (für jede Taste eine), die die auf die jeweilige Taste ausgeübte Kraft in ihrem zeitlichen Verlauf beschreiben, können einzelne skalare Maßzahlen für den Druck berechnet werden. Denkbar wären hier beispielsweise Mittelwert, Maximalwert oder Integral über die Kurve jeweils bezogen auf einen einzelnen Anschlag. Am einfachsten ist es, sich hier auf eine derartige Maßzahl zu beschränken, deren Wert jeweils beim Loslassen einer Taste zu berechnen und ihn schließlich als vierte Komponente in den Beobachtungsvektor mit aufzunehmen. In diesem Fall könnte das Beobachtungsfeld unseres Beispiels folgende Gestalt annehmen:

Ereignisart	↓	↓	↑	↑	↓	↑	↓	↑	↓	↑
Taste	linkes_Shift	b	b	linkes_Shift	u	u	n	n	d	d
Zeitpunkt	0,000	0,024	0,257	0,301	0,388	0,522	0,621	0,698	0,984	1,131
Druckmaßzahl	-	-	23,5	55,6	-	19,8	-	50,3	-	60,3

25 Einschränkungen

Es ist auch denkbar, nur eine Teilmenge der angeführten Meßgrößen zu erfassen.
 Läßt man z.B. die Ereignisart weg (das impliziert, daß dann nur die Anschlagzeitpunkte, nicht aber die Loslaßzeitpunkte gemessen werden), so stützen sich alle weiteren Analysen auf die Übergangsduern von einem Tastenanschlag zum nächsten.

Mißt man hingegen nur die Ereignisart und die Taste, so kann man lediglich die Tastenwahl und die Reihenfolge der beobachteten Elementarereignisse betrachten. Untersuchungen haben ergeben, daß darin bereits einige sehr
5 personentypische Merkmale enthalten sind. Bei genügend langen Texten lassen sich auch ohne die Messung der Zeitpunkte Identitätstests auf einem hohen Sicherheitsniveau durchführen. Dies kommt auch dadurch zum Ausdruck, daß viele der weiter unten beschriebenen
10 Kenngrößen die Zeit überhaupt nicht mit berücksichtigen. Zieht man den Anschlagdruck ebenfalls mit hinzu, so ergeben sich noch einige weitere sinnvolle Meßgrößen-Kombinationen.

Technische Geräte

15 Die hier vorgestellte Idee kann mit Hilfe der unterschiedlichsten technischen Geräte realisiert werden. Verzichtet man auf die Druckmessung, so könnte man für etliche Anwendungen beispielsweise ganz auf Standardgeräte
20 der Computertechnologie zurückgreifen. Denkbar sind aber auch speziell angefertigte Geräte, bei denen z.B. die Zeit- und/oder Druckmessung in der Tastatur integriert sind. Diese können evtl. zusätzlich noch mit Speicher- und/oder Rechenfähigkeit ausgestattet sein. Des weiteren erscheint
25 für einige Anwendungen die Einbeziehung von Mikroprozessorchipkarten sinnvoll zu sein. Auf ihnen könnte man beispielsweise die personentypischen Muster speichern und evtl. sogar die Identifizierung selbst durchführen.

30 Analyse der Meßdaten

Als Rohdaten stehen dem System die oben beschriebenen Beobachtungsfelder zur Verfügung. Wie diese weiter

analysiert werden können, um schließlich personentypische Merkmale zu erhalten, ist Thema dieses Kapitels.

Kenngrößen

5

Um das Tippverhalten einer Person zu analysieren, kann man aus den aufgenommenen Beobachtungen eine Reihe verschiedener Kenngrößen berechnen. Prinzipiell ist eine Kenngröße einfach ein, mit Hilfe einer vorgegebenen Rechenvorschrift aus einem Beobachtungsfeld berechneter Wert. Es sind somit beliebig viele verschiedene Kenngrößen denkbar. Sinnvollerweise versucht man sich jedoch auf solche zu beschränken, die möglichst viel über das Tippverhalten einer Person aussagen.

10

Ein Beispiel für eine Kenngröße wäre etwa die Anzahl, wie oft der Schreiber in dem Beobachtungszeitraum die Taste "s" gedrückt hat. Diese Größe ist zwar sicherlich sehr einfach aus dem Beobachtungsfeld zu ermitteln, dürfte jedoch im allgemeinen nur äußerst wenig über die Identität des Schreibers aussagen. Im folgenden werden etliche Beispiele für Kenngrößen angeführt, die jeweils einen gewissen Aspekt des Tippverhaltens untersuchen und auch tatsächlich personentypisch sein können.

15

Gebrauch der Shifttasten, Tastenwahl

20

Aus dem Beobachtungsfeld kann leicht ermittelt werden, wie oft der Schreiber die linke und wie oft die rechte Shifttaste benutzt hat, um beispielsweise ein großes 'A' einzugeben. Eine mögliche Kennzahl wäre somit die relative Häufigkeit des Gebrauchs der linken Shifttaste bei der Eingabe eines großen 'A'.

Konkretes Beispiel:

In dem Beobachtungsfeld tritt einmal der Fall "'A' mit der linken Shifttaste geschrieben" und neunmal der Fall "'A' 5 mir der rechten Shifttaste geschrieben" auf. Der Wert der Kenngröße ist dann $K = 10\%$.

Entsprechend lassen sich für alle anderen Tasten, mit denen durch Großschreibung eine Eingabe getätigt werden kann, 10 analoge Kenngrößen ermitteln. Zusammengenommen charakterisieren sie das Verhalten des Schreibers bei der Großschreibung.

Auf dieselbe Art lassen sich auch Kennzahlen für andere 15 Tasten mit Wahlmöglichkeit berechnen. So kann beispielsweise auf einer gewöhnlichen Computertastatur eine '1' sowohl auf dem Haupttastatursfeld als auch auf dem Nummernfeld eingegeben werden. Eine mögliche Kennzahl für die Auswahl der '1' ist wieder die beobachtete relative 20 Häufigkeit. Hierbei sollten jedoch einzeln auftretende Ziffern und längere Zahlenkolonnen unterschieden werden.

Fehleranfälligkeit

Ebenfalls peronentypisch ist die Anzahl der Tippfehler 25 bezogen auf die Länge des eingegebenen Textes. Eine einfach zu bestimmende Kenngröße hierfür ist beispielsweise die relative Häufigkeit der Zeichen 'Backspace' und 'Delete' in Bezug auf die Gesamtzahl der eingegebenen Zeichen. Ist dem System der dem Beobachtungsfeld zugrunde liegende 30 Vorlagetext bekannt, so kann es auch die tatsächliche Häufigkeit der gemachten Schreibfehler berechnen. Zusammen mit obiger auf dem Auftreten der Korrekturtasten beruhender Kenngröße ließe sich schließlich sogar die Zahl der vom

Schreiber nicht entdeckten Tippfehler ermitteln. All diese Kenngrößen enthalten eine bestimmte Information über den Aspekt "Fehleranfälligkeit" des Schreibers.

5 Verschränkungen

In den allermeisten Fällen sind die Benutzer des Systems zumindest einigermaßen an den Umgang mit der Tastatur gewohnt. Sie müssen demnach nicht jede Taste von neuem 10 suchen, um diese dann zu drücken und anschließend die nächste Taste wieder zu suchen. Vielmehr entsteht ein gewisser Schreibfluß. Dabei kann es sehr leicht vorkommen, daß man die zweite Taste drückt, noch bevor man die erste losgelassen hat. Beispielsweise ist mit jeder der beiden 15 unten angegebenen Folgen von Elementarereignissen die korrekte Eingabe des Wortes "er" verbunden:

Folge 1 (ohne Verschränkung): e↓ e↑ r↓ r↑

Folge 2 (mit Verschränkung): e↓ r↓ e↑ r↑

20 Bei der zweiten Folge tritt allerdings eine sogenannte Verschränkung auf, d.h. das Drücken der Taste 'r' erfolgt in diesem Fall noch bevor die Taste 'e' wieder losgelassen wurde. Trotzdem wird offensichtlich auch hier das Wort "er" eingegeben, da der Druck der Taste 'e' vor dem der Taste 25 'r' erfolgt.

Untersuchungen haben gezeigt, daß das Auftreten von Verschränkungen in hohem Maße personentypisch ist. Sie kommen in der Regel bei jedem vor, der einigermaßen an den 30 Umgang mit einer Tastatur gewohnt ist; die jeweiligen Häufigkeiten für die verschiedenen Tastenkombinationen sind jedoch von Person zu Person unterschiedlich.

Eine für die Untersuchung von Verschränkungen geeignete Kenngröße ist die relative Häufigkeit mit der beispielsweise die Tastenkombination 'e''r' ohne Verschränkung in dem Beobachtungsfeld auftritt. Die 5 Bezugsgröße ist dabei die Gesamtzahl der beobachteten 'e''r'-Kombinationen. In entsprechender Weise kann auch für alle anderen Tastenkombinationen jeweils die analoge Kenngröße ermittelt werden. Bereits in den Kennzahlen zu den dreißig bis fünfzig häufigsten Kombinationen steckt ein 10 sehr hohes Maß an personenidentifizierender Information.

Anschlagdauer

Ebenfalls charakteristisch für eine Person ist die Zeit, 15 wie lange sie die einzelnen Tasten gedrückt hält. Diese hängt nicht unbedingt von der gesamten Schreibgeschwindigkeit der Person ab, sondern ist deutlich von dieser zu trennen. Eine eher langsam schreibende Person kann auf einzelnen Tasten eine deutlich geringere 20 durchschnittliche Anschlagdauer haben, als ein äußerst schneller Schreiber.
Im folgenden soll die Ermittlung von geeigneten Kennzahlen am Beispiel der Anschlagdauer der Taste 'e' näher erläutert werden. Wurde die Taste 'e' im Verlauf der Messung 25 beispielsweise 100 mal gedrückt, so können aus dem Beobachtungsfeld leicht die 100 zugehörigen Anschlagdauern sowie die zugehörige empirische Verteilungsfunktion ermittelt werden. Diese Verteilungsfunktion kann mit Hilfe eines geeigneten statistischen Modells durch eine 30 parametrisierte Verteilungsfunktion angenähert werden. Die Schätzer der zugehörigen Verteilungsparameter lassen sich analytisch aus den gegebenen 100 beobachteten Anschlagdauern berechnen. Sie bilden die die Anschlagdauer von 'e' beschreibenden Kenngrößen.

Konkretes Beispiel:

- Nimmt man als statistisches Modell an, daß die
- 5 Anschlagdauer der Taste 'e' mit den Parametern μ und σ^2 normalverteilt ist, so erhält man für 'e' zwei Kenngrößen: Die statistischen Standardschätzer für μ und σ^2 . Diese sind der Mittelwert und die empirische Varianz.
- In entsprechender Weise lassen sich die analogen Kennzahlen
- 10 auch für alle anderen Tasten ermitteln. Dabei ist es sinnvoll, immer dasselbe statistische Modell zugrunde zu legen. Dieses wird in der Regel etwas komplizierter als das im Beispiel angegebene sein, was jedoch an der prinzipiellen Vorgehensweise nichts ändert.
- 15 Die Gesamtheit dieser Kennzahlen für alle Tasten beschreiben den Aspekt "Anschlagdauer" des Tippverhaltens des Schreibers. Sie enthalten ebenfalls ein hohes Maß an personentypischer Information.

20 Übergangsduer

In ähnlicher Weise wie die Anschlagdauern der einzelnen Tasten lassen sich auch die Übergangsduern der verschiedenen Tastenkombinationen analysieren. Mit

25 Übergangsduer ist dabei die Zeitspanne vom Drücken einer Taste bis zum Drücken der darauffolgenden Taste gemeint. Sie hängt im Gegensatz zur Anschlagdauer direkt mit der Schreibgeschwindigkeit einer Person zusammen. Ein schneller Schreiber hat in der Regel zumindest bei den häufigeren

30 Tastenkombinationen wesentlich kürzere mittlere Übergangsduern als ein langsamer Schreiber. Die Unterschiede von Person zu Person sind jedoch noch wesentlich vielschichtiger: Auch zwei in der gesamten Schreibgeschwindigkeit sehr ähnliche Benutzer können, wenn

man die einzelnen Tastenkombinationen betrachtet, sehr unterschiedliche Übergangsdauren aufweisen. Je nach Veranlagung fallen dem einen gewisse Anschlagfolgen wesentlich leichter oder sind besser eingeschliffen als bei 5 dem anderen und umgekehrt.

Wie man nun zu geeigneten, die Übergangsdauren charakterisierenden Kenngrößen kommt, soll im folgenden beispielhaft an der Tastenkombination 'e''r' erläutert 10 werden. Die prinzipielle Vorgehensweise ist wieder die gleiche wie bei den Anschlagdauern. Wurden beispielsweise im Verlauf der Messung die Tasten 'e' und 'r' 20 mal direkt hintereinander in dieser Reihenfolge gedrückt, so bilden die zugehörigen 20 Übergangsdauren die 15 Berechnungsgrundlage. Sie können aus dem Beobachtungsfeld leicht ermittelt werden. Man versucht nun wieder mit Hilfe eines geeigneten statistischen Modells die empirische Verteilungsfunktion der beobachteten Zeiten durch eine parametrische anzunähern. Die Schätzwerte der zugehörigen 20 Verteilungsparameter bilden dann die Kenngrößen. Das hier zugrunde gelegte statistische Modell kann durchaus von dem für die Analyse der Anschlagdauern verwendeten abweichen. Wieder lassen sich in entsprechender Weise auch die 25 analogen Kennzahlen für alle anderen Tastenkombinationen ermitteln. Sinnvollerweise wird man sich jedoch auf die wichtigsten Kombinationen beschränken. Die Gesamtheit der entsprechenden Kennzahlen beschreiben schließlich den Aspekt "Übergangsdauer" des Tippverhaltens des Schreibers.
Anschlagdruck

30 Wird bei den durchgeföhrten Messungen der Tastendruck ebenfalls mit erfaßt, so lassen sich auch hieraus eine Reihen von Kenngrößen berechnen. Die Vorgehensweise ist dabei zu der bei den Anschlagdauern identisch. Es werden

- wieder die einzelnen Tasten getrennt voneinander betrachtet und die zugehörigen empirischen Verteilungsfunktionen der beobachteten Druckmessungen durch parametrische Verteilungen angenähert. Der einzige Unterschied besteht im 5 Prinzip in dem zugrunde gelegten statistischen Modell. Außerdem sind, falls verschiedene Druckmeßgrößen erfaßt worden sind (z.B. Mittelwert und Maximalwert), diese auch getrennt voneinander zu analysieren.
- 10 Wieder enthält die Gesamtheit der so ermittelten Kenngrößen charakteristische Informationen über das "Anschlagdruck-Verhalten" des Schreibers.

Anlaufphase und Prägungen

- 15 Wie anhand dieser sechs Beispiel näher erläutert wurde, lassen sich aus einem Beobachtungsfeld eine ganze Reihe unterschiedlicher Kenngrößen berechnen. Jede einzelne von ihnen sagt etwas über die verschiedenen Eigenschaften des 20 Schreibers aus, was dessen Tippverhalten angeht. Neben den so, aus dem gesamten Beobachtungsfeld gewonnenen Charakteristika gibt es noch andere Aspekte des Tippverhaltens, die in gewisser Weise eine Ebene höher anzusiedeln sind. Zwei Beispiele hierfür sind die 25 Anlaufphase und die sogenannten Prägungen; sie werden im folgenden kurz erläutert.

Beginnt man nach einer kurzen Pause (es genügen wenige Minuten, in denen man nichts getippt hat) damit, einen 30 längeren Text einzugeben, so dauert es für gewöhnlich eine gewisse Zeit, bis man in seinen normalen Schreibfluss gefunden hat. Diese Zeitspanne wird hier als Anlaufphase bezeichnet. Sie ist in der Regel durch eine erhöhte Fehleranfälligkeit und einen ungleichmäßigeren

Schreibrhythmus gekennzeichnet. Die gesamte Schreibgeschwindigkeit ist nicht notwendigerweise niedriger. Sowohl die Dauer der Anlaufphase, als auch deren Ausprägungsgrad und die Art der einzelnen Ausprägungen sind 5 weitere personentypische Aspekte des Tippverhaltens.

Als Prägungen werden im folgenden einzelne Wörter und Tastenfolgen bezeichnet, die von einer Person besonders häufig eingegeben werden. Beispiele hierfür sind der Name 10 und die Kennung der Person, sowie evtl. spezielle Kommandos oder Syntaxelemente einer Programmiersprache. Die Prägungen sind somit im allgemeinen von Person zu Person unterschiedlich.

15 Sie sind für die Analyse des Tippverhaltens von besonderem Interesse, weil sie in der Regel anders geschrieben werden, als die entsprechenden einzelnen Zeichen bzw. Zeichenkombinationen. Sie müssen demnach eigenständig analysiert werden, um zum einen nicht die Kenngrößen für 20 den "normalen Text" zu verfälschen und um zum anderen die in ihnen steckende zusätzliche Information ebenfalls zu berücksichtigen.

Warum diese beiden Aspekte, die Anlaufphase und die 25 Prägungen, eine Ebene über den oben angeführten Eigenschaften anzusiedeln sind, wird ersichtlich, wenn man die zugehörigen Kenngrößen betrachtet. Sowohl die Anlaufphase als auch die Prägungen lassen sich nämlich ebenfalls durch die oben beschriebenen Kenngrößen charakterisieren. Der einzige Unterschied besteht darin, daß man nun nicht das gesamte Beobachtungsfeld, sondern 30 lediglich Teile davon zu deren Berechnung heranzieht. So werden beispielsweise als Grundlage für die Ermittlung der die Prägung "printf" beschreibenden Kenngrößen lediglich

diejenigen Beobachtungen verwendet, die auch in direktem Zusammenhang mit dem Schreiben dieser Zeichenfolge stehen. Entsprechend könnte man für die Anlaufphase z.B. nur die ersten 300 Anschläge berücksichtigen.

5

Insgesamt erhält man also auch für derartige höherstehende Aspekte des Tippverhaltens eine Reihe von charakterisierenden Kenngrößen. Dabei kann auf die grundlegenden Ideen zurückgegriffen werden.

10

Aspekte des Tippverhaltens

In den vorangegangenen Abschnitten wurde anhand etlicher Beispiele erläutert, wie man die einzelnen Aspekte des Tippverhaltens mit Hilfe verschiedener Kenngrößen analysieren kann. Dabei sind nahezu beliebig viele unterschiedliche Berechnungsvorschriften zur Gewinnung sinnvoller Kenngrößen denkbar, die jedoch alle eine Gemeinsamkeit aufweisen: Die erhaltenen Größen charakterisieren jede für sich irgendeine Eigenart im Tippverhalten des Schreibers. An dieser Stelle werden deshalb nochmals die wichtigsten Aspekte des Tippverhaltens aufgeführt.

25

1. Schreibrhythmus (zeitlicher Aspekt)

- * Anschlagdauern
- * Übergangsdauren

2. Anschlagdruck

3. Anschlagfolge

30

4. Tastenauswahl (z.B. Shifttastengebrauch)

- * Verschränkungen

5. Fehlerverhalten

- * Häufigkeiten (bemerkte und unbemerkte Tippfehler)

- * personenspezifische Tippfehler (z.B. Buchstabendreher, spezielle Wörter, ...)
 - * Korrekturverhalten
5. Anlaufphase
- 5 * Ausprägungsgrad
 - * Art der Ausprägungen
 - * Dauer der Anlaufphase
6. Prägungen
- 10 Insgesamt muß man sich schließlich für eine gewisse Anzahl an Kenngrößen entscheiden (mindestens eine, in der Regel jedoch etliche Hundert). Zusammengekommen werden diese im folgenden immer als Kenngrößenvektor bezeichnet.
- 15 Muster
- In einem letzten Schritt kann man nun aus dem Kenngrößenvektor das personentypische Muster ermitteln, das im weiteren auch als Referenzmuster für diese Person oder 20 als psychometrisches Muster dieser Person bezeichnet wird. Dieses Muster besteht aus dem besagten Kenngrößenvektor und einem zusätzlichen Gewichtsvektor derselben Dimension. Es wird also lediglich jede Kenngröße noch mit einem bestimmten Gewicht, das zwischen Null und einem festen 25 Höchstwert liegt, versehen.

Die der Musterberechnung zugrunde liegende Idee ist die folgende: Betrachtet man das Tippverhalten einer Person, so wird es in der Regel zum großen Teil mit dem vieler anderer übereinstimmen. So benutzt beispielsweise jeder gelernte 30 Schreibmaschinenschreiber grundsätzlich die rechte Shifttaste, um ein großes 'A' einzugeben. Andererseits hat aber auch jede Person gewisse Eigenarten, durch die sie sich vom Schreibverhalten anderer unterscheidet. Ziel der

Musterberechnung ist es nun, gerade diese charakteristischen Eigenschaften ausfindig zu machen und die zugehörigen Kenngrößen schließlich mit entsprechend hohen Gewichten zu versehen. Dadurch wird die spätere 5 Identifizierung eines Berechtigten bzw. entsprechend die Ablehnung eines Unberechtigten erheblich erleichtert. Die drei wichtigsten Methoden, mit deren Hilfe die charakteristischen Merkmale erkannt werden können, sind die folgenden.

10

1. Vergleich mit dem empirisch ermittelten "Durchschnittsschreibverhalten"

Durch Analyse des Schreibverhaltens einer größeren Zahl von Personen lassen sich leicht Standardwerte für die einzelnen Kenngrößen ermitteln, d.h. Werte oder sogar Intervalle für die betrachteten Größen, die das Tippverhalten der meisten Probanden widerspiegeln. Liegt nun eine Kenngröße des gerade untersuchten Vektors außerhalb des entsprechenden Intervalls bzw.

20

relativ weit von dem entsprechenden Normalwert entfernt, so deutet dies auf eine charakteristische Eigenart hin. Einer derartigen Kenngröße sollte dementsprechend ein großes Gewicht zugeordnet werden.

25

2. Vergleich mit den Kenngrößenvektoren der anderen dem System bekannten Personen

30

Liegen dem System bereits einige Kenngrößenvektoren anderer Personen vor, so lassen sich mit deren Hilfe ebenfalls einige Eigenarten im Schreibverhalten der augenblicklich untersuchten Person feststellen. Weicht eine Kenngröße von allen oder zumindest den meisten entsprechenden Werten der anderen Personen stark ab, so deutet dies wieder auf ein personentypisches Merkmal hin. Auf diese Art und Weise kann eine besonders hohe

Trennschärfe zwischen den dem System bekannten Personen erreicht werden.

3. Berechnung der Varianzen der einzelnen Kenngrößen
Die dritte hier vorgestellte Methode bezieht sich nicht
5 auf Vergleichswerte, sondern betrachtet lediglich die Konstanz im Schreibverhalten der untersuchten Person.
Demnach ist es sinnvoll, eine Kenngröße, die nur sehr geringen Schwankungen unterworfen ist, wesentlich höher zu gewichten als eine, die bei dem Schreiber mal diesen und mal jenen Wert annehmen kann. Ein Maß für diese Konstanz bieten die im Zusammenhang mit der Berechnung 10 der einzelnen Kenngrößen auftretenden Varianzen.

Gesamtablauf

15

In diesem Kapitel wird beschrieben, wie sich die bisher vorgestellten Methoden und Konzepte zu einer geschlossenen Anwendung zusammenfügen lassen. Als Grundlage dazu dient weiterhin das angegebene einführende Beispiel.

20

Lernvorgang

Während der Benutzer den vorgegebenen Text abtippt, führt 25 das System die oben beschriebenen Messungen durch und erhält dadurch das Beobachtungsfeld. Aus diesem werden dann die vorher festgelegten Kenngrößen ermittelt. Liegen dabei für eine Größe keine oder zu wenig Beobachtungen vor, so wird diese übergangen und im weiteren nicht mehr berücksichtigt. Aus dem so erhaltenen Kenngrößenvektor wird 30 schließlich, z.B. mit Hilfe einer der oben beschriebenen Methoden oder einer Kombination davon, das Referenzmuster berechnet.

Was nun im einzelnen alles vom System dauerhaft abgespeichert werden muß, hängt u.a. von dem verwendeten Identifizierungsverfahren ab. Es kann das gesamte Beobachtungsfeld, der Kenngrößenvektor oder das

5 Referenzmuster sowie jegliche Kombination dieser drei Datensätze gespeichert werden. Im einfachsten Fall genügt es jedoch, sich das Referenzmuster zu merken.

Neben einem solch einfachen Ablauf für das Lernverfahren sind noch viele andere Möglichkeiten denkbar. Insbesondere

10 kann es sinnvoll sein, den gesamten Lernvorgang adaptiv zu gestalten. Dazu könnte man explizit immer wieder einen neuen Lerndurchgang anstoßen oder implizit die bei der Identifizierung gewonnenen Beobachtungsfelder verwenden.

Dabei dürften natürlich nur diejenigen Versuche

15 Berücksichtigung finden, bei denen der Benutzer eindeutig vom System identifiziert werden konnte. Einen völlig anderen Aspekt der Adaptivität erhält man, wenn man immer nach der Aufnahme eines neuen Benutzers die Gewichtungen der Kenngrößenvektoren aller anderen Benutzer neu

20 durchführt. Dadurch ließe sich die Trennschärfe innerhalb der Benutzergruppe optimieren.

Identifizierung

25 Das eigentliche Ziel der gesamten Anwendung ist die Identifizierung. Das System soll auf einem bestimmten Sicherheitsniveau dazu in der Lage sein, berechtigte Anmelder von unberechtigten anhand ihres Tippverhaltens zu unterscheiden.

30 Der erste Schritt des Identifikationsvorgangs ist das Erfassen der verschiedenen Meßgrößen, während der Anmelder A den Testtext abtippt. Dadurch erhält das System ein Beobachtungsfeld F_A . Für die anliegende Entscheidung, ob A

mit dem Behaupteten B identisch ist, stehen dem System die von ihm im Rahmen des Lernvorgangs von B abgespeicherten Daten zur Verfügung: das Beobachtungsfeld F_B , der Kenngrößenvektor K_B sowie das Referenzmuster M_B

5 Für die Vorgehensweise bei der letztendlichen Entscheidungsfindung sind nun einige, grundsätzlich verschiedene Ansätze denkbar, die evtl. auch miteinander kombiniert werden können. Im folgenden werden die drei wichtigsten Methoden näher erläutert:

10

1. Direkter Mustervergleich

Das naheliegendste und einfachste Verfahren besteht darin, aus dem Beobachtungsfeld F_A in zum Lernvorgang analoger Weise einen Kenngrößenvektor K_A zu berechnen und diesen mit dem Muster M_B zu vergleichen. Der Vergleich könnte beispielsweise durch die Berechnung des gewichteten euklidischen Abstands der beiden Kenngrößenvektoren K_A und K_B erfolgen (gewichtet bedeutet dabei eine durch die Komponenten des Gewichtsvektors festgelegte lineare Skalierung der einzelnen Dimensionen). Der Nachteil dieses Verfahrens besteht in der dazu nötigen Mindestlänge des Testtextes. Ist dieser nämlich zu kurz, so können aus dem zugehörigen Beobachtungsfeld viele der Kenngrößen nicht mehr oder nur unzureichend berechnet werden. Ein sinnvoller Vergleich ist dann nicht mehr möglich.

20
15
20
25
30

2. Vergleich des Beobachtungsfeldes F_A mit dem Referenzmuster M_B

Dieses Verfahren kann auch bei sehr kurzen Testtextlängen noch gut eingesetzt werden, da es auf die Berechnung der verschiedenen Kenngrößen aus dem Beobachtungsfeld F_A verzichtet. Statt dessen wird das Beobachtungsfeld F_A direkt mit dem Muster M_B

verglichen. Es wird eine Art Wahrscheinlichkeitsmaß dafür berechnet, daß diejenige Person, deren Schreibverhalten durch M_B charakterisiert ist, die gemessenen Beobachtungen F_A hervorruft. Für einen 5 Berechtigten wird diese Maßzahl in der Regel relativ hoch, für einen Unberechtigten relativ niedrig ausfallen. Durch das geforderte Sicherheitsniveau wird schließlich der Schwellenwert für die letztendliche Entscheidung festgelegt.

10

3. Direkter Vergleich der Beobachtungsfelder

Die letzte hier vorgestellte Methode verzichtet auf jeglichen theoretischen Hintergrund. Mit Hilfe nicht-klassischer Ansätze, wie z.B. einem neuronalen Netz, 15 ist es durchaus möglich, die beiden Beobachtungsfelder F_A und F_B in gewisser Weise direkt miteinander zu vergleichen. Eines der Hauptprobleme, die variable Anzahl der Einzelbeobachtungen in F_A und F_B auf eine feste Zahl an Eingabeneuronen abzubilden, lässt sich 20 beispielsweise durch die sogenannte topologische Codierung lösen. Die mit Hilfe eines derartigen Verfahrens erzielten Ergebnisse hängen sehr stark von den verwendeten Lernalgorithmen, sowie von den zugrunde liegenden Lerndaten ab. Dennoch lassen sich sicherlich 25 auch auf dieser Idee, die Beobachtungsfelder direkt miteinander zu vergleichen, basierende Identifikationssysteme realisieren.

Diese drei kurzen Absätze sollen lediglich verdeutlichen, 30 daß durchaus mehrere Verfahren, die sich grundlegend voneinander unterscheiden, für die Realisierung des Identifikationsverfahrens denkbar sind. Entscheidend für die letztendlich erzielte Trennschärfe der Implementierung

sowie für die geforderten Mindestlängen der Lern- bzw.
Testtexte sind sicherlich die folgenden Punkte:

- * Verwendete Meßgrößen
- 5 * Analysierte Aspekte des Tippverhaltens
- * Verwendete Kenngrößen
- * Verwendetes Identifikationsverfahren

10 Exaktere Beschreibung der Unterschiede zum Stand der
Technik

Analyse des Tippverhaltens

15 Wie in dem Kapitel "Stand der Technik" bereits erwähnt,
stammt die dem hier vorgestellten System ähnliche Methode
von S. J. Shepherd. Die hier in dem Kapitel Lösung
niedergelegten Ansätze sind jedoch sowohl von den zugrunde
liegenden Ideen, als auch von den verwendeten Verfahren her
20 wesentlich umfassender. Die wichtigsten Unterschiede werden
im folgenden kurz erläutert.

- * Analysierte Aspekte des Tippverhaltens
- Das System von Shepherd zielt ausschließlich auf die
25 Schreibdynamik und den Tastendruck ab. Er erwähnt als
mögliche Merkmale lediglich die zeitlichen Aspekte
Übergangszeit ("Intervals between keystrokes"),
Anschlagzeit ("Duration of keystrokes"), Tipprate
("Rate of typing"; damit bezeichnet er die Anzahl der
30 geschriebenen Zeichen oder Wörter pro Minute) und
Fehlerhäufigkeit ("Frequency of errors"), sowie den
Tastendruck ("Force of keystrokes"). Alle anderen
Aspekte - insbesondere die Tastenauswahl und
Verschränkungen (siehe Abschnitt Aspekte des

Tippverhaltens) - wurden außer Acht gelassen.
Er geht zwar kurz darauf ein, daß Verschränkungen
("rollover") vorkommen und von der Tastatur in
gewohnter Weise behandelt werden, verwendet die
5 diesbezüglichen Beobachtungen jedoch lediglich dazu,
entsprechende Fehler bei der Berechnung der Anschlag-
und Übergangsduern zu vermeiden. D.h. er beschränkt
sich hier einzig und allein auf den zeitlichen Aspekt
und wertet die Reihenfolgeinformation an sich nicht
10 weiter aus.

Darüber hinaus erwähnt Shepherd noch die Möglichkeit,
durch die von der Tastatur gelieferten Scan codes auch
Tasten voneinander unterscheiden zu können, die
mehrfach vorhanden sind (wie z.B. die beiden Shift-,
15 CTRL- und ALT-Tasten, sofern vorhanden). Hierbei stellt
er jedoch ebenfalls lediglich die Bedeutung für die
zeitlichen Aspekte heraus. Auf die Tastenauswahl an
sich, wie sie hier im Abschnitt "Analyse der Meßdaten"
beschrieben ist, geht er nicht ein.

20

- * Verwendete Kenngrößen
Die von Shepherd angegebenen Kenngrößen beschränken
sich auf die Charakterisierung der Aspekte Anschlag-
25 und Übergangsduer, wobei zwischen den verschiedenen
Tasten keine Unterschiede gemacht werden. Er verwendet
lediglich Mittelwerte und Varianzen.
- * Verwendete Verfahren
Das von Shepherd dargelegte Identifikationsverfahren
30 entspricht dem hier erläuterten "direktem
Mustervergleich" (siehe Punkt 1. im Abschnitt
Identifizierung). Insbesondere wird die wesentlich
kompliziertere und diesem Verfahren weit überlegene
Methode des Vergleichs des Beobachtungsfeldes mit dem

Referenzmuster (siehe Punkt 2. Im Abschnitt Identifizierung) nicht erwähnt. Auch die den hier vorgestellten Kenngrößen zugrunde liegenden Verfahren fehlen im alten Vorschlag vollkommen.

5

Abschließend sei noch erwähnt, daß es durchaus möglich ist, ein Identifikationsverfahren zu realisieren, das alleinig auf neuen hier dargelegten Ideen basiert. Zudem lassen sich offensichtlich die neuen und die alten Ansätze hervorragend 10 miteinander kombinieren.

Analyse der Mausbewegungen

Im Gegensatz zur Unterschriftenerkennung wird bei der im 15 Abschnitt "Anwendungsgebiet" angeführten Analyse des Umgangs mit der Maus nicht die Bewegung beim "Schreiben" eines bestimmten Wortes, sondern die Geschicklichkeit des Benutzers ganz allgemein betrachtet. Es werden die bei der Bedienung des Systems anfallenden Mausbewegungen zusammen 20 mit den getätigten Mausklicks untersucht. Diese Daten lassen sich mit ähnlichen Methoden wie beim Tippverhalten mit einem zum jeweiligen Benutzer hinterlegten Referenzmuster vergleichen. Charakterisierende Merkmale hierbei sind z.B. das Verhalten beim Ansteuern eines 25 anzuklickenden Symbols oder der Umgang mit Pull-down-Menüs oder Scroll-bars. Es werden somit ganz allgemeine Kennzeichen untersucht und nicht das Verhalten in einer ganz speziellen, genau vorgegebenen Situation, wie dies bei der Unterschriftenerkennung der Fall ist.

30

A n s p r ü c h e :

5

1. Verfahren zur Verifizierung der Identität eines Benutzers einer mit einer Tastatur zur Erzeugung alphanumerischer Zeichen zu bedienenden Datenverarbeitungsanlage, wobei aus dem Muster von aktuellen Beobachtungen an der Tastatur mindestens ein auf das Tippverhalten des Benutzers hinweisender Kenngrößenvektor abgeleitet und dieser Kenngrößenvektor mit dem Kenngrößenvektor verglichen wird, der aus einem in der Datenverarbeitungsanlage abgelegten Referenzmuster abgeleitet ist, dadurch gekennzeichnet, daß unabhängig von der eingegebenen Zeichenfolge der Kenngrößenvektor aus der Reihenfolge der Aktionen Drücken bzw. Loslassen aufeinanderfolgend betätigter Tasten in Verbindung mit den Beobachtungen betreffend die Auswahl der betätigten Tasten ermittelt wird.
- 25 2. Verfahren nach Anspruch 1 , dadurch gekennzeichnet , daß zusätzlich zu den Beobachtungen als Meßgrößen die Zeitpunkte der Ereignisse bzw. Betätigungen erfaßt werden.
- 30 3. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet , daß zusätzlich zu den Beobachtungen als Meßgröße der Tastendruck erfaßt wird.

4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
daß aus dem Feld der Beobachtungen und/oder Meßgrößen
5 Kenngrößen errechnet werden, die das Tippverhalten
wiederspiegeln.
5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
10 daß zusätzlich zu den Beobachtungen als Meßgröße die
Anschlagsdauer einer Taste erfaßt wird.
6. Verfahren nach Anspruch 5,
dadurch gekennzeichnet,
15 daß mehrere verschiedene Kenngrößen gewichtet zu
einem Kenngrößenvektor zusammengefaßt werden.
7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
20 daß das Referenzmuster durch Abschreiben einer
vorgegebenen alphanumerischen Folge erstellt wird.
8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6,
dadurch gekennzeichnet,
25 daß das Referenzmuster durch freies Schreiben einer
nicht vorgegebenen alphanumerischen Folge erstellt
wird.
9. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
30 dadurch gekennzeichnet,
daß das Referenzmuster während der Eingabe laufend
aktualisiert wird.
10. Verfahren zur Verifizierung der Identität eines

Benutzers einer mit einer Maus zu bedienenden
Datenverarbeitungsanlage,
dadurch gekennzeichnet,
daß der aktuelle Bewegungsablauf der Maus auf dem
5 Maus-Pad in X-Y-Koordination und die
Bewegungsgeschwindigkeit und/oder die Betätigung der
Maustasten erfaßt und mit entsprechend
eingespeicherten Dynamikdaten verglichen wird.